

В. Д. ОБДУЛ, В. В. ШИРОКОБОКОВ, А. Ю. МАТЮХІН

ДИФЕРЕНЦІЙОВАНЕ ПРИТИСКУВАННЯ ФЛАНЦЮ ЗАГОТОВКИ ПІД ЧАС ВИТЯГУВАННЯ

В роботі розглядається питання удосконалення способу листового штампування, а саме операції витягування, при здійсненні якої можна плавно, в процесі витягування регулювати зусилля притискування фланцю плоскої заготовки в залежності від поточного значення ходу витяжного повзуна, а також для врахування впливу величини наклепу, який завжди має місце в процесі деформування. Під час глибокого витягування виробів з тонколистових металів питоме зусилля притискування фланцю заготовки не залишається постійною, воно збільшується зі зменшення площі фланця. Таким чином це може призвести до обриву фланцю або дна під час застосування механічних пресів. Запропоновано конструкцію механічного преса для штампування, в якому з'єднання притискувального та витяжного повзунів здійснюється за допомогою гідравлічних циліндрів. Така конструкція дозволяє плавно регулювати питоме зусилля притискування фланцю заготовки в оптимальних межах для отримання високоякісної продукції.

Ключові слова: притискування фланцю, глибоке витягування, механічний прес, питоме зусилля.

В. Д. ОБДУЛ, В. В. ШИРОКОБОКОВ, А. Ю. МАТЮХИН

ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ ПРИЖИМ ФЛАНЦА ЗАГОТОВКИ ВО ВРЕМЯ ВЫТЯЖКИ

В работе рассматривается вопрос усовершенствования способа листовой штамповки, а именно операции вытяжки, при осуществлении которой можно плавно, в процессе вытяжки регулировать усилие прижима фланца плоской заготовки в зависимости от текущего значения хода вытяжного ползуна, а также для учета влияния величины наклепа, который всегда имеет место в процессе деформирования. Во время глубокой вытяжки изделий из тонколистовых металлов удельное усилие прижима фланца заготовки не остается постоянной, оно увеличивается с уменьшением площади фланца. Таким образом это может привести к обрыву фланца или дна при применении механических прессов. Предложена конструкция механического преса для штамповки, в котором соединение прижимного и вытяжного ползунів осуществляется с помощью гидравлических цилиндров. Такая конструкция позволяет плавно регулировать удельное усилие прижима фланца заготовки в оптимальных пределах для получения высококачественной продукции.

Ключевые слова: прижим фланца, глубокая вытяжка, механический прес, удельное усилие.

V. D. OBDUL, V. V. SHIROKOBOKOV, A. U. MATIUKHIN

DIFFERENTIATED COMPRESSION FLANGE CLAMP DURING EXTRACTION

The issue of improving the method of sheet stamping, in particular, the stretching operations, in which it is possible to smoothly, in the process of pulling, is to regulate the forces of pressing the flange of the flat billet depending on the current value of the stroke of the exhaust slide to take into account the influence of the magnitude of deformation, which always takes place in the process of deformation. During the deep drawing of sheet metal products, the specific effort of pressing the workpiece flange does not remain constant, it increases with the decrease of the area of the flange. This way, it can lead to a breakage of the flange or bottom when applying mechanical presses. The design of the mechanical press for stamping, in which the connection of the compression and exhaust slide is carried out with the help of hydraulic cylinders, is proposed. Such a design allows smooth adjustment of the specific effort of squeezing the workpiece flange in the optimal range for the production of high-quality products.

Key words: compression of the flange, deep drawing, mechanical press, specific pressure.

Вступ. В більшості випадків для витягування використовуються як механічні так і гідравлічні преси з притискуванням заготовок. При штампуванні деталей з листових заготовок спостерігаються такі дефекти як гофри, випучування і місцеве потоншення стінок напівфабрикатів. Для запобігання вказаних дефектів треба правильно встановлювати необхідне зусилля притискування фланцю заготовки.

Основна частина. Теоретичні та експериментальні дослідження показують, що при витягуванні виробів з тонкого листа зусилля притискування, необхідне для усунення складкоутворення, не залишається постійними, а мінімальна сила притискування, попереджуюча утворення складок на різних стадіях процесу витягування являється змінною величиною і зростає зі збільшенням ходу пуансона.

На кривошипних пресах при витягуванні, наприклад круглих в плані виробів, площа фланцю який контактує з матрицею і притискувачем зменшується, а зусилля притискування залишається постійним його величина визначається [1]:

$$Q_{\text{пр}} = 0,25\pi[D^2 - (d_1 + 2r_m)^2]q$$

де: D – діаметр заготовки;

d_1 – діаметр напівфабриката;

r_m – радіус закруглення матриці;

q – питомий тиск притискувала (задається постійним [1]).

Напруження від зусилля притискування (при коефіцієнтах витяжки близьких до граничних) може бути визначено згідно з [2] залежністю:

$$\sigma_{\text{рmax}} = \sigma_s \left(\ln \frac{R}{r} + \frac{\mu Q}{\pi R S \sigma_s} + \frac{S}{2r_m + S} \right) e^{\mu \frac{\pi}{2}}$$

де σ_s – межа міцності;

R – радіус заготовки;

r – радіус закруглення пуансона;

μ – коефіцієнт тертя;

S – товщина заготовки;

r_m – радіус закруглення матриці.

Таким чином, зусилля притискування визначається виходячи з початкових розмірів заготовки і в процесі витягування залишається незмінним, що призводить до зростання питомого зусилля притискування за рахунок зменшення площі фланцю. Очевидно, що регулювання зусилля притискування дозволить знизити напруження в

небезпечному перетині і розширити можливості процесу витягування.

Відомий спосіб витягування виробів з листових заготовок, який включає притискування заготовки за допомогою спеціального повзуна з механічними приводом і витягування внутрішнім повзуном [2].

Недоліком цього способу витягування є відсутність регулювання зусилля притискування в процесі витягування, крім того механічний привод зовнішнього повзуна не дає можливості дотримання постійного зусилля притискування (повзун не вистояє, а здійснює коливання з амплітудою в межах пружності приводу цього повзуна). Зусилля притискування може бути встановлене один раз в процесі налагодження.

Іншим способом витягування виробів з листових заготовок є спосіб витягування на гідравлічних пресах, на яких є можливість регулювання зусилля притискування за рахунок встановлення тієї чи іншої величини тиску рідини в приводних циліндрах зовнішнього повзуна [3].

Недоліком цього способу є відсутність можливості плавного регулювання зусилля притискування в залежності від величини ходу витяжного повзуна (глибини витягування).

Ще один спосіб листового штампування, це витягування плоскої заготовки зі змінним притискуванням фланця [4]. Недоліком цього способу є відсутність можливості плавного регулювання зусилля притискування, що не дає можливості враховувати вплив величини наклепу для усунення гофрів, випуклостей та місцевого зменшення товщини стінки.

Введення операції регулювання зусилля притискування фланця в процесі витягування дозволяє підвищити ефективність самого процесу листового штампування, стійкість процесу, зменшити на 10-12% коефіцієнт витягування, збільшити максимально можливу глибину витягування та в кінцевому результаті, на 25% зменшити кількість браку при витяжних операціях листового штампування за рахунок зменшення гофрів, випуклостей, місцевих зменшень товщини стінки. Це також дозволить підвищити здатність штампуємість тонколистових низьколегованих сталей підвищеної міцності і отримувати напівфабрикати з мінімальною різновтовщинністю.

Якщо розглядати процес витягування круглого в плані виробу (рис. 1), то можна виділити етап появи циліндричної частини виробу, на якому поточна площа фланцю, що знаходиться під притискувачем буде визначатись наступним чином:

$$F_{\text{пот}} = F_0 - F_2 - F_3 - F_4 - F_5 \quad (1)$$

де F_0 – площа заготовки;

F_2 – площа перехідної частини на матриці;

F_3 – площа циліндричної частини виробу;

F_4 – площа перехідної частини на пуансоні;

F_5 – площа донної частини.

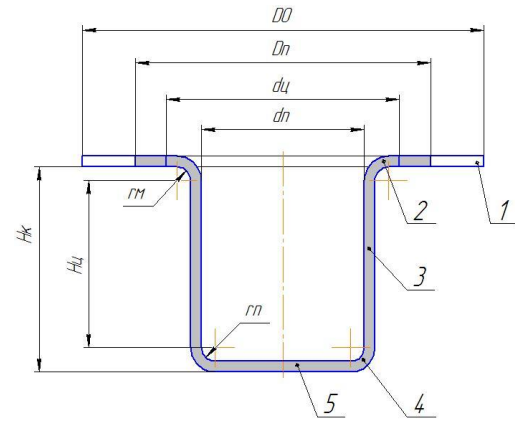


Рис. 1 – Розподіл циліндричного виробу на розрахункові елементи

Згідно з [1] площа цих елементів обчислюється наступним чином:

$$F_2 = \frac{\pi}{4} (2\pi d_{\text{ц}} \cdot r_{\text{м}} - 8r_{\text{м}}^2); F_3 = \pi d_{\text{п}} H_{\text{ц}} \\ F_4 = \frac{\pi}{4} [2\pi (d_{\text{п}} - 2r_{\text{п}}) \cdot r_{\text{п}} + 8r_{\text{п}}^2]; \\ F_5 = \frac{\pi}{4} (d_{\text{п}} - 2r_{\text{п}})^2.$$

Після проведення відповідних перетворень будемо мати наступну залежність для визначення площі $F_{\text{пот}}$:

$$F_{\text{пот}} = A - B \cdot H_{\text{ц}}, \quad (2)$$

де A і B постійні величини, які відповідно, дорівнюють:

$$A = F_0 - F_2 - F_4 - F_5$$

$$B = \pi d_{\text{п}}$$

Аналізуючи вищезазначене можна зробити висновок про необхідність регулювання зусилля притискування в функції ходу повзуна преса.

На механічних пресах без конструктивних змін кінематичного зв'язку витяжного повзуна з притискувальним реалізація регулювання зусилля притискування не можлива, на гідравлічних пресах для цього необхідно в гідросистему циліндрів приводу притискувального повзуна вмонтовувати регулятори тиску з реалізацією певної математичної залежності [5].

На механічних пресах реалізація цієї залежності вимагає зв'язку витягуювального і притискувального повзунів за допомогою, наприклад, гідравлічних циліндрів, тиск в яких в процесі витягування міг би змінюватись за необхідним законом.

Диференційоване притискування фланцю заготовки при здійсненні операції витягування реалізується наступним чином (Рис.2, 3).

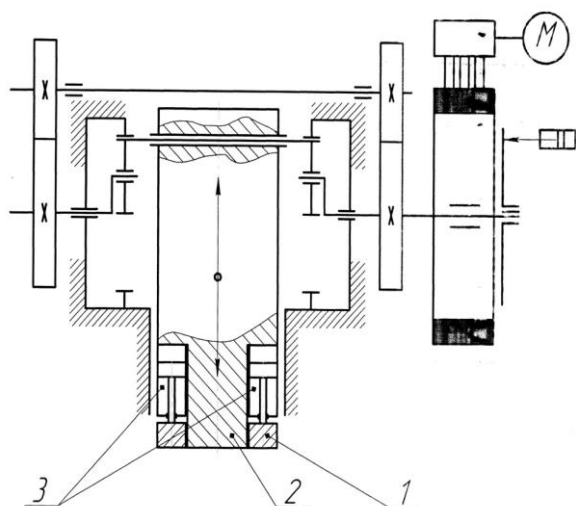


Рис. 2 – Кінематична схема пресу

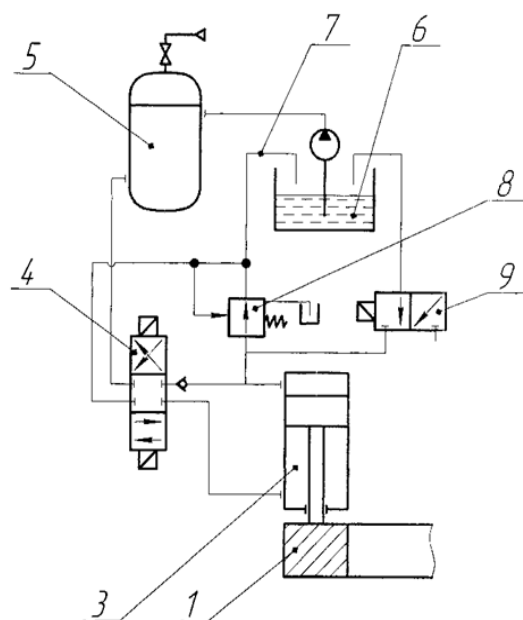


Рис. 3 – Гідравлічна схема управління зусиллям притискування

Витяжний повзун 2 приводиться в дію приводом (на рис. 2 не показано). Заготовка після змащування подається на нижню частину штампа (на рис. 1 і 2 не показано). Включають привод преса (наприклад механічний). Повзуни 1 і 2 починають одночасно холостий рух вниз. Після контакту з заготовкою і змикання штампу притискувальний повзун 1 зупиняється, а витяжний повзун продовжує рухатись вниз, при цьому об'єм поршневих порожнин гідравлічних циліндрів 3 зменшується і робоча рідина стискується, тиск збільшується до величини, встановленої клапаном 8. За допомогою цього клапана 8 тиск притискування фланця плоскої заготовки може плавно регулюватись під час ходу повзуна 2 за рахунок кінематичного зв'язку регулювального елемента клапана 8 з повзуном 2, або з кривошипним валом привода цього повзуна.

Золотник 4, генератор рідини підвищеного тиску 5, наповнюючий бак 6, трубопроводи 4 та клапан 9 забезпечують функціонування системи регулювання зусилля притискування.

В якості регулятора тиску в циліндрах може бути використаний регулятор тиску, або регульований дросель, пропускна здатність якого залежить від величини ходу повзуна.

Для отримання значного ходу повзуна можна рекомендувати використати привод, у якого повний хід повзуна дорівнює чотирьом радіусам кривошипа [4, 5].

Питоме зусилля притискування, з використанням цього способу, може бути функцією не тільки ходу витяжного повзуна. З'являється можливість корегувати питомий тиск в поршневих порожнинах, а отже і силу притискування в залежності від інших факторів, які впливають на процес витягування. В першу чергу це наклеп, який приводить до збільшення міцності і твердості металу, який витягується; температури і ін. Це вимагає встановлення на основі статистичної інформації залежності наклепу від ходу витяжного повзуна у вигляді табличних даних або аналогової залежності.

Використання мікроконтролерів у схемі управління процесом не ускладнить управління пресом і не збільшить його вартість, проте з'явиться можливість оперативного реагування на сам процес витягування. Це дозволить практично повністю використовувати можливості металу і в ряді випадків відмовитись від додаткових технологічних операцій пов'язаних з проміжним відпалюванням.

Висновки. У випадку реалізації можливості регулювання тиску в поршневих порожнинах циліндрів приводу притискувального повзуна можна підбирати оптимальний режим витягування, що дає можливість суттєво зменшити потоншення стінки і коефіцієнт витягування при одночасному підвищенні стійкості процесу витягування.

Список літератури

1. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. 6^е изд., перераб. и доп., Л.: Машиностроение. 1979. – 520 с. ил.
2. Кузнецов – штамповочное оборудование / А.Н. Банкетов, Ю.А. Бочаров, Н.Е. Добринский и др. Под ред Банкетова А.Н., Ланского Е.Н. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1982. – 576 с., ил. С. 158–162
3. Добрянский Н.С. Гидравлический привод прессов. – М.: Машиностроение, 1975. – 222 с. С. 192–199.
4. Пат. 69298 Україна, МПК (2017) B26F 1/00, B21D 22/00. Спосіб листової штамповки [Текст] / Мороз М.М., Моспан Д.В., Драгобецький В.В., Пузир Р.Г., Троцько О.В. (Україна); заявник і патентовласник Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського. – №u201111830; заявл. 07.10.2011; опубл. 25.04.2012, Бюл. №8. – 4 с.
5. Shirokobokov, V. V., Abdul, D. V., Abdul, V. D., & Shirokobokova, N. V. (2015). Necessity of specific holddown pressure adjustment when drawing operation. *Metallurgical and Mining Industry*, 7(11), 41–45.

References (transliterated)

1. Romanovskij V.P. Spravochnik po holodnoj shtampovke. 6e izd., pererab. i dop., Leningrad: Mashinostroenie. 1979. – 520 p. il.
2. Kuznechno-shtampovnochnoe oborudovanie / A.N. Banketov, YU.A. Bocharov, N.E. Dobrinskij i dr. Pod red Banketova A.N.,

- Lanskogo E.N. – 2-e izd., pererab. i dop. – Moscow: Mashinostroenie, 1982. – 576 p., il. Pp. 158–162.
3. Dobryanskij N.S. Gidravlicheskiy privod pressov. – Moscow: Mashinostroenie, 1975. – 222 p. Pp. 192–199.
 4. Pat. 69298 Ukraïna, MPK (2017) B26F 1/00, B21D 22/00. Sposib listovoï shtampovki [Tekst] / Moroz M.M., Mos'pan D.V., Dragobec'kij V.V., Puzir R.G., Troc'ko O.V. (Ukraïna); zayavnik i patentovlasnik Kremenchuc'kij nacional'nij universitet im. Mihajla Ostrograds'kogo. – No u201111830; zayavl. 07.10.2011; opubl. 25.04.2012, Byul. No 8.-4 p.
 5. Shirokobokov, V. V., Obdul, D. V., Obdul, V. D., & Shirokobokova, N. V. (2015). Necessity of spesific holddown pressure adjustment when drawing operation. *Metallurgical and Mining Industry*, 7(11), P/ 41–45.

Надійшло (received) 23.11.2018

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Обдул Василь Дмитрович (Обдул Василий Дмитриевич, Obdul Vasyl Dmytrovych) – кандидат технічних наук, доцент, Запорізький національний технічний університет, доцент кафедри «Обробка металів тиском»; м. Запоріжжя, Україна

Широкобоков Віталій Володимирович (Широкобоков Виталий Владимирович, Shirokobokov Vitalii Volodymyrovych) – кандидат технічних наук, доцент, Запорізький національний технічний університет, доцент кафедри «Обробка металів тиском»; м. Запоріжжя, Україна; e-mail: shirokobokov@gmail.com

Матюхін Антон Юрійович (Матюхин Антон Юрьевич, Matiukhin Anton Yuriiovych) – кандидат технічних наук, Запорізький національний технічний університет, доцент кафедри «Обробка металів тиском»; м. Запоріжжя, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2261-0577>; e-mail: mco2005@i.ua